

Biosorpsi ion merkuri menggunakan jamur pelapuk putih imobil

Biosorption of mercury ion using immobile white-rot fungi

Firda DIMAWARNITA^{*}), TRI-PANJI & SUHARYANTO

Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia, Jl Taman Kencana 1, Bogor 16128, Indonesia

Diterima tgl 24 Oktober 2016 / disetujui tgl 28 April 2017

Abstract

*Mining activities that are not managed properly will cause environmental pollution. The number of cases of environmental damage ranging from minor to serious stages that are in Indonesia is the impact of the accumulation of damage in a relatively long period of time. Mining waste still contains heavy metals, one of them is Hg (II). This heavy metal is potentially contaminating the waste water and agricultural land if it is not handled properly. Efforts to address the tailings and its concentrate at the same time can be done by biosorption process using microorganisms. This study aims to establish the ability of white rot fungus biomass (WRF) immobilized with oil palm empty fruit bunches (EFB) in absorbing heavy metals Hg (II). Method of heavy metal biosorption using batch system. EFB is used as growing medium of JPP then used to absorb a solution containing heavy metal Hg(II) with concentration 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm. WRF selection results based on the rate of growth in media containing heavy metals Hg (II) and the absorption of heavy metals have resulted in superior WRF candidates *Omphalina* sp. In potato dextrose broth (PDB) media, *Omphalina* sp. tolerant of Hg (II) with a concentration of 5 ppm. *Omphalina* sp. biomass immobilized with oil palm empty bunches (OPEB) are able to absorb up to 84-96% of heavy metals Hg (II) at pH 4.0 for 60 minutes. Maximum biosorption capacity of immobilized *Omphalina* sp. (q max) for Hg (II) is 0.1619 mg / g, so it is potential for bio-concentration of heavy metals.*

[*Keywords: metal biosorption of mercury, white-rot fungi, Omphalina sp., fungal immobilization*]

Abstrak

Aktivitas pertambangan yang meningkat membawa dampak negatif bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Pada pertambangan emas banyak menggunakan Hg (II) untuk proses amalgamasi dan limbahnya masih mengandung logam berat, salah satunya Hg(II). Limbah tersebut berpotensi mencemari perairan dan lahan pertanian bila tidak ditangani dengan baik. Usaha untuk mengatasi limbah tailing dan sekaligus memekatkan (*recovery*) logam di dalamnya dapat dilakukan

dengan proses biosorpsi menggunakan mikro-organisme. Penelitian ini bertujuan menetapkan kemampuan biomassa jamur pelapuk putih (JPP) yang diimobilisasi pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam mengabsorpsi logam berat Hg (II). Metode biosorpsi logam berat dengan sistem batch. TKKS digunakan sebagai media tumbuh JPP, kemudian JPP yang tumbuh digunakan untuk mengabsorpsi larutan yang mengandung logam berat Hg (II) dengan konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, dan 10 ppm. Hasil seleksi JPP berdasarkan laju pertumbuhan dalam media mengandung logam berat Hg (II) dan penyerapan logam berat diperoleh hasil kandidat JPP unggul yaitu *Omphalina* sp. Dalam media PDB, *Omphalina* sp. toleran terhadap Hg (II) sampai dengan konsentrasi 5 ppm. Biomassa *Omphalina* sp. yang diimobilisasi pada TKKS mampu menurunkan 84-96% logam berat Hg (II) pada pH 4,0 selama 60 menit. Kapasitas biosorpsi *Omphalina* sp. amobil maksimum (q max) untuk Hg (II) sebesar 0,1619 mg/g sehingga berpotensi untuk bio-konsentrasi logam berat.

[Kata kunci: biosorpsi logam merkuri, jamur-pelapuk putih *Omphalina* sp., imobilisasi jamur]

Pendahuluan

Aktivitas pertambangan di Indonesia cukup tinggi, data yang didapat dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menyebutkan bahwa terdapat sebanyak 757 perusahaan tambang di Indonesia (Kementerian ESDM, 2012). Aktivitas pertambangan yang meningkat membawa dampak negatif bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Kasus-kasus kerusakan lingkungan mulai merebak dari yang kecil sampai tahap yang berisfat serius di Indonesia. Hal ini merupakan dampak dari terakumulasinya kerusakan dalam jangka waktu yang relatif lama. Banyaknya industri pertambangan yang mulai muncul di Indonesia tak pelak lagi akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang semakin parah akibat industri pertambangan tersebut berupaya mendapatkan keuntungan besar tanpa memperhatikan keamanan lingkungan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2013). Masalah-masalah terkait bisnis dan kerusakan lingkungan merupakan masalah kekinian yang patut mendapat perhatian khusus.

^{*})Penulis korespondensi: firda.dimawarnita@gmail.com

Salah satu masalah kerusakan lingkungan akibat dari aktivitas pertambangan yang ada di Indonesia adalah pencemaran lingkungan di Teluk Buyat karena aktivitas pertambangan oleh sebuah perusahaan penanaman modal asing /PMA (Shifa, 2013). Limbah tailing hasil pertambangan masih mengandung logam-logam berat. Pohan *et al.* (2007) melaporkan bahwa endapan *tailing* tambang emas masih mengandung tembaga/ Cu (0,75%), emas/ Au (22 ppb), perak/Ag (2 ppm), dan merkuri (Hg) dalam jumlah kecil (0,2-10 ppb). Pencemaran merkuri di Indonesia juga sering dijumpai di sekitar tambang emas perusahaan skala kecil yang menggunakan merkuri untuk proses amalgamasi (Iswari & Martono, 2007). Teluk Buyat yang berada di Minahasa, Sulawesi Utara adalah lokasi pembuangan limbah tailing tambang emas. Kegiatan pertambangan skala besar yang dilakukan oleh perusahaan tersebut menyebabkan ekosistem perairan laut di Teluk Buyat rusak parah akibat buangan tailing setiap hari.

Limbah tailing dapat mengkontaminasi tanah dan perairan yang ada di lingkungan sekitarnya. Kontaminasi pada tanah dan perairan diakibatkan oleh banyak faktor termasuk limbah penambangan. Bentuk kontaminasi berupa berbagai unsur dan substansi kimia yang berbahaya (Matsumoto, 2001; Sharma *et al.*, 2007) yang mengganggu keseimbangan fisik, kimia, dan biologi tanah. Kontaminasi oleh logam berat seperti kadmium (Cd), seng (Zn), plumbum (Pb), kuprum (Cu), kobalt (Co), selenium (Se), dan nikel (Ni) menjadi perhatian serius karena dapat menjadi polusi pada permukaan tanah maupun air tanah dan dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin, penyerapan oleh tumbuhan bioakumulasi pada rantai makanan (Knox *et al.*, 2000). Hal ini dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, dan tumbuhan, misalnya penyakit pada manusia akibat pencemaran kadmium dan keracunan pada hewan ternak akibat kontaminasi selenium dan molibdenum (Nogawa *et al.*, 2007).

Logam berat dalam air limbah dapat dipisahkan dengan berbagai cara yaitu cara fisika, kimia, biologi, dan kombinasinya. Dari keempat proses tersebut cara yang ramah lingkungan adalah cara yang keempat yaitu dengan biosorpsi logam berat menggunakan mikroorganisme (bakteri atau jamur). Telah diketahui sejak lama bahwa bakteri dan jamur mempunyai kemampuan dalam menyerap logam-logam berat seperti halnya jamur *Omphalina* sp. dapat menyerap ion logam berat seperti Cu^{2+} , Co^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+} , dan Hg^{2+} . Kemampuan jamur dalam mengikat ion logam disebabkan jamur memiliki senyawa-senyawa dengan gugus fungsi potensial yang mampu mengikat kation logam (Abdel Ghani & El Chaghaby, 2014). Pada penelitian ini akan dilakukan biosorpsi logam berat menggunakan jamur pelapuk putih (JPP) imobil menggunakan TKKS sebagai substrat imobilnya. Kelebihan TKKS dibandingkan dengan bahan lain, TKKS dapat sekaligus menjadi substrat *Omphalina* sp.

Penelitian terdahulu menggunakan ijuk sebagai bahan imobil namun ijuk tidak bisa sekaligus menjadi substrat JPP (Namoolnoy *et al.*, 2011).

Bahan dan Metode

Bahan

Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (PPBBI). Isolat JPP yang digunakan untuk bio-konsentrasi adalah *Omphalina* sp. dan *Pholyota* sp. koleksi BPBPI hasil isolasi dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Selain itu isolat JPP juga akan dikoleksi dari lapang bahan lignoselulosa di lapang dengan media PDA + guaiakol 0,01%. Isolat dipelihara dalam medium potato dextrose agar (PDA). Bahan imobilisasi berupa TKKS diperoleh dari PKS Kertajaya, PT Perkebunan Nusantara VIII, Banten. Larutan logam berat dibuat dari larutan yang mengandung HgCl_2 .

Penyiapan inokulum

Isolat JPP dari kultur agar miring PDA umur 1-2 minggu diinokulasikan pada cawan petri berisi PDA dan diinkubasikan selama kurang lebih satu minggu pada suhu ruang (26-28°C). Kultur miselium kemudian ditumbuhkan dalam media TKKS yang dibuat dengan cara sebagai berikut: TKKS dicacah dicuci, dikeringkan, dan dimasukkan dalam botol selai (50 g), kemudian disterilkan pada suhu 121°C tekanan 1,2 atm selama 15 menit. Kultur miselium yang berumur 10 hari (yang sudah memenuhi permukaan petri) diambil sebanyak $\pm 1 \text{ cm}^2$ dan diinokulasikan ke dalam media TKKS dan dicampur merata kemudian diinkubasikan pada suhu ruang (26-28°C) selama 2-3 minggu sampai seluruh substrat terkolonisasi miselium.

Pertumbuhan dan biosorpsi JPP dalam media mengandung Hg (II)

Koleksi JPP diuji kemampuan biosorpsinya secara *in vitro* dengan menambahkan 5 ppm Hg (II) dalam media PDB. Kultur JPP dari media PDA diameter 1 cm^2 , diinokulasikan dalam media PDB dan diinkubasikan pada suhu ruang selama 20 hari. Percobaan dilakukan sebanyak 3 ulangan. Pengamatan konsentrasi logam dalam larutan dan logam terserap diamati dengan alat spektrofotometer serapan atom (Tauber *et al.*, 2005) Isolat terbaik dipilih berdasarkan laju pertumbuhan JPP pada media yang mengandung logam berat Hg.

Imobilisasi JPP terpilih

Tandan kosong kelapa sawit dipotong-potong ukuran 3-6 cm, direndam dalam air kran selama dua hari dengan beberapa kali penggantian air untuk menghilangkan komponen terekstrak, kemudian ditiriskan hingga kadar air sekitar 50%. Sebanyak 50 g TKKS dimasukkan ke dalam botol selai kemudian disterilisasi pada suhu 121°C, tekanan 1,2 atm selama 15 menit. Setelah dingin,

TKKS diinokulasi dengan sekitar 5 g inokulum JPP terpilih dan diinkubasikan selama 30 hari sampai seluruh permukaan serat TKKS terkolonisasi miselium. JPP terpilih imobil sebanyak 10 g dibalut dengan kain poliester dan diikat dengan benang.

Cara penyerapan ion Hg(II) dengan JPP amobil

Jamur pelapuk putih terpilih amobil dengan dosis 0; 2,5; 5 dan 10% (b/v) dimasukkan dalam labu Erlenmeyer berisi 100 ml larutan yang mengandung 5 ppm Hg²⁺ dan pH larutan diatur pada 4, 5 dan 6. Cara penyerapan dilakukan dengan menempatkan JPP amobil (bio-sorben) dalam posisi terendam separuh bagian dalam larutan dan separuhnya lagi berada di atas larutan untuk memberikan aerasi pada JPP imobil dan digoyang di atas mesin pengocok (*shaker*) dengan kecepatan 75 rpm. Sampling dilakukan pada 0, 1, 3, dan 5 jam setelah penambahan JPP unggul amobil. Sisa Hg²⁺ pada larutan sampel sebelum didestruksi dan dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom/SSA (Shimadzu) diencerkan dua kali dengan aquabides untuk memastikan kadar logam dalam sampel linier dengan pembacaan absorbansi. Sampel (50 mL) ditambahkan asam nitrat pekat (5 mL) dan dipanaskan pada digester blok hingga volumenya menjadi 10, ditambahkan lagi asam nitrat pekat (5 mL) dan dipanaskan lagi hingga semua logam larut. Setelah dingin, larutan sampel dipindahkan ke dalam labu 50 ml dan volumenya ditetapkan hingga 50 mL kemudian larutan siap diperiksa kadarnya dengan alat SSA (Singh & Gadi, 2012).

Penurunan kandungan logam dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha_s = (1 - \frac{C_s}{C_o}) \times 100\%$$

α_s = persentase penurunan logam

C_s = konsentrasi akhir logam (ppm)

C_o = konsentrasi awal logam (ppm)

Serapan logam dalam biosorben dihitung dengan rumus :

$$q = V(C_o - C_s)/m$$

q = serapan logam dalam JPP amobil atau biosorben (mg logam/g biosorben)

V = volume larutan yang diperlakukan (mL)

C_s = konsentrasi akhir logam (ppm)

C_o = konsentrasi awal logam (ppm)

m = berat biosorben kering (mg)

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan isolat JPP dalam media PDA mengandung Hg (II)

Seleksi JPP dilakukan dengan menumbuhkan JPP pada media tumbuh PDA yang mengandung merkuri (Hg). Isolat JPP yang digunakan terdapat

tiga jenis, yaitu *Omphalina* sp., *Pleurotus ostreatus*, dan *Pholyota* sp. Laju pertumbuhan isolat JPP dalam media PDA yang mengandung logam berat merkuri (Hg) dengan konsentrasi 5 dan 10 ppm (Gambar 2). Ketiga isolat JPP pada media kontrol (konsentrasi 0 ppm) menunjukkan pertumbuhan yang baik. Pertumbuhan yang paling cepat ditunjukkan oleh *Omphalina* sp. yang pada hari keempat grafik pertumbuhannya mulai meninggi, miseliumnya sudah mencapai diameter 8,5-9 cm atau sudah memenuhi permukaan cawan petri (Gambar 1).

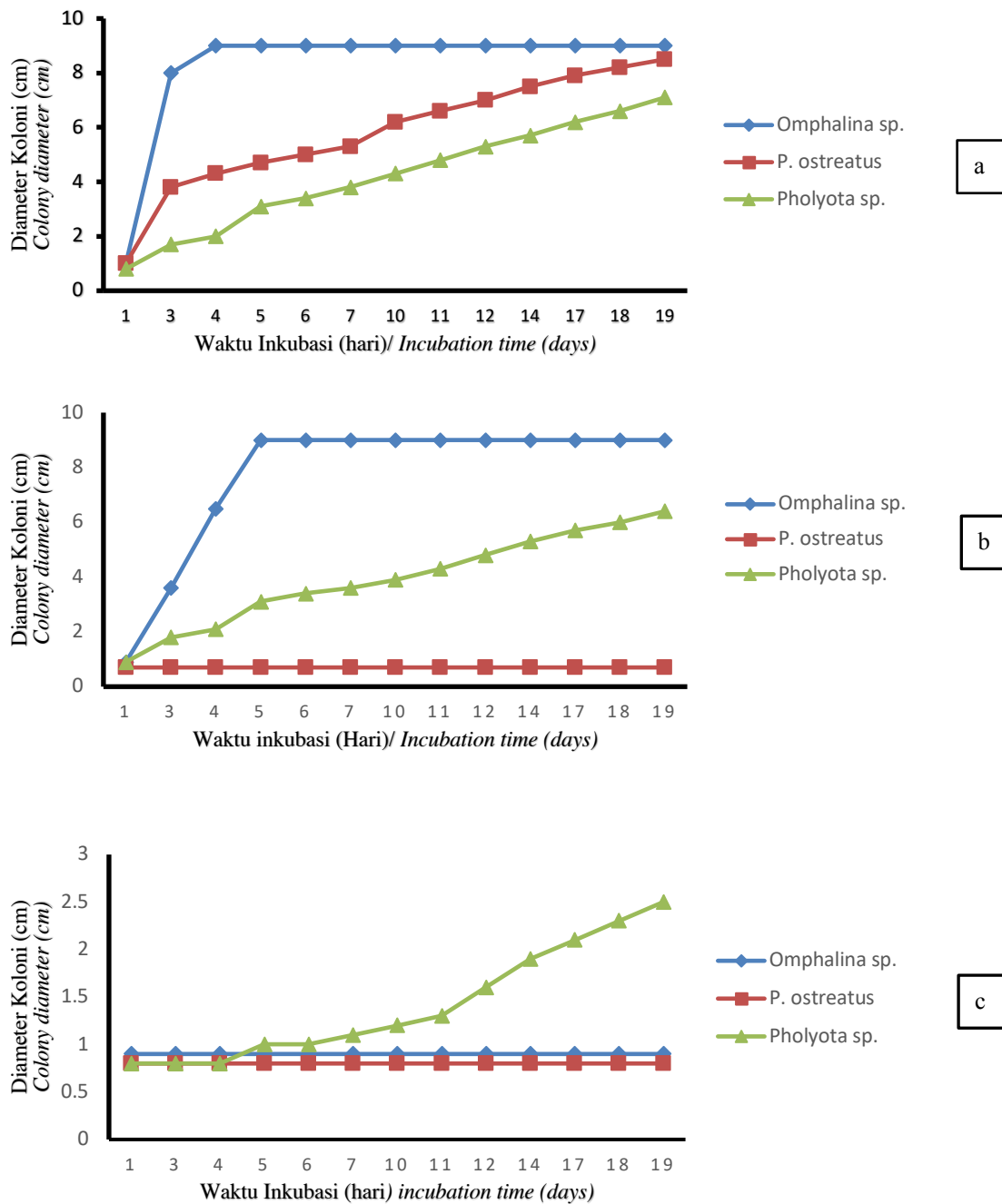
Pada konsentrasi 5 ppm merkuri, hanya dua jenis jamur yang menunjukkan pertumbuhan dan dapat bertahan hidup dalam media yang mengandung logam berat tersebut, yaitu *Omphalina* sp. dan *Pholyota* sp. Pertumbuhan miselium yang sangat cepat dan lebat hingga memenuhi cawan petri ditunjukkan oleh *Omphalina* sp. pada hari kelima inkubasi. Jika dibandingkan dengan kontrol, laju pertumbuhan *Omphalina* sp. pada konsentrasi 5 ppm merkuri lebih lambat. Pertumbuhan *Pholyota* sp. pada konsentrasi tersebut tertekan sedangkan *P. ostreatus* tidak tumbuh. Hal ini dipengaruhi berbagai hal terutama kemampuan jamur dalam melakukan detoksifikasi terhadap logam berat. Hal ini menunjukkan bahwa *P. ostreatus* tidak dapat bertahan hidup terhadap merkuri dalam media pertumbuhannya.

Uji daya tahan dan pertumbuhan JPP menggunakan media PDA mengandung 10 ppm Hg menunjukkan bahwa secara umum pertumbuhan *Pholyota* sp. sangat tertekan dan bahkan isolat *Omphalina* sp. dan *P. ostreatus* tidak tumbuh. *Pholyota* sp. mulai tumbuh pada hari kelima setelah inkubasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa ada proses yang lebih rumit bagi jamur dalam mengolah limbah logam berat dalam proses biologisnya. Peningkatan kandungan merkuri hingga 50 ppm menyebabkan ketiga jenis JPP tersebut mati. Berdasarkan uji daya tahan jamur terhadap logam berat Hg maka JPP yang terpilih untuk digunakan dalam biosorpsi logam berat Hg adalah *Omphalina* sp.



Gambar 1. Miselium *Omphalina* sp. sudah memenuhi permukaan cawan petri

Figure 1. Mycelium of *Omphalina* sp. full the surface in petri dish



Gambar 2. Pertumbuhan JPP dalam media PDA mengandung merkuri (a) kontrol, (b) 5 ppm Hg (II), dan (c) 10 ppm Hg (II)
 Figure 2. The Growth of JPP in PDA media containing mercury (a) control, (b) 5 ppm Hg (II), and (c) 10 ppm Hg (II)

Penyerapan ion Hg (II) dengan Omphalina sp. imobil

Pertumbuhan *Omphalina sp.* dibandingkan dengan *Pholyota sp.* dalam media yang mengandung Hg (II) relatif lebih cepat. Aktivitas enzim ligninolitiknya lebih tinggi dan kemampuan biosorpsinya dalam media PDB + Cu (II) juga lebih tinggi (Dimawarnita et al., 2015). Oleh karena itu *Omphalina sp.* selanjutnya dipilih untuk diimobilisasi dalam media TKKS. *Omphalina sp.* ditumbuhkan dalam TKKS sebagai *growth immobilization support* dengan kultur permukaan (*surface culture*) dan dalam *bag log*. *Omphalina*

sp. amobil dibungkus dengan kain kassa kemudian dicelupkan sebagian ke dalam larutan 5 ppm Hg (II).

Imobilisasi JPP terpilih dilakukan pada TKKS yang ketersediannya melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. JPP tumbuh cepat dalam limbah lignoselulosa seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Keuntungan penggunaan JPP yaitu mampu mengakumulasi logam berat (Kresnawaty & Tri Panji, 2007), memiliki toleransi tumbuh pada pH rendah sampai sedang (4-8) (Suharyanto et al., 2012), dapat ditumbuhkan pada *growth immobilization support* yang murah seperti

serat lignoselulosa. Imobilisasi JPP pada TKKS dapat menghasilkan suatu metode yang murah dan ramah lingkungan. Miselium *Omphalina* sp. pada media TKKS dapat tumbuh dengan sempurna membutuhkan waktu 30 hari (Gambar 3a).

Omphalina sp. yang diimobilisasi dengan TKKS digunakan untuk biosorpsi larutan Hg (II) dengan pH 4,0 dan 5,0 dan diamati penyerapannya selama 1, 3, dan 5 jam. Ion logam Hg (II) berasal dari HgCl₂, untuk pengaturan pH ditambahkan asam sulfat encer ke dalam larutan yang akan dibuat dengan konsentrasi 5 ppm untuk logam Hg (II). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Omphalina* sp. amobil efektif untuk penyerapan Hg sebesar 84-96%. Absorpsi Hg berlangsung sangat cepat baik pada larutan pH 4,0 maupun larutan pH 5,0, terutama selama satu jam pertama penyerapan yang dapat dilihat dari penurunan konsentrasi Hg (II) dari mula-mula 5 ppm menjadi 0,2-0,8 ppm atau penurunan sebesar 84-96%. Laju penyerapan berikutnya relatif menurun (Gambar 4 dan 5). Hal ini disebabkan adsorben sudah mulai jenuh sehingga laju penyerapan logamnya lambat. Ion Hg (II) yang teradsorpsi pada biomassa *Omphalina* sp. Terlihat juga dari biomassa yang awalnya berwarna putih menjadi cokelat kekuningan (Gambar 3b). Perpanjangan lama adsorpsi hingga 24 jam akan menurunkan kadar Hg (II) menjadi sekitar 0,018-0,035 ppm.

Menurut Mawardi (2007) interaksi antara ion logam dengan biomassa melibatkan mekanisme pertukaran ion, kompleksasi, dan interaksi elektrostatik. pH menjadi salah satu parameter yang paling penting pada proses biosorpsi. pH juga akan mempengaruhi proses biosorpsi gugus fungsional biomassa dalam mengadsorpsi ion logam (Das *et al.*, 2008) Selain itu, luas permukaan JPP *Omphalina* sp. juga berpengaruh dalam proses penyerapan logam. Bentuk *Omphalina* sp. yang berserabut membuat luas permukaannya semakin besar sehingga laju penyerapan logam lebih cepat, biomassa JPP memiliki dinding sel yang kuat dibandingkan dengan mikroorganisme yang lain

(Horikoshi *et al.*, 1981). Dinding sel yang kokoh akan menjadi keuntungan tersendiri bagi JPP yaitu bisa digunakan kembali (*reuse*). Walaupun penurunan yang dicapai melalui proses biosorpsi sudah sangat tinggi, kadar Hg tersebut masih perlu diberi perlakuan lanjutan seperti penyerapan ulang dengan biosorben baru untuk memenuhi baku mutu logam Hg dalam air limbah industri sesuai dengan Kepmen LH 51/Men LH/1-/1995, yaitu kurang dari 0,005 ppm.

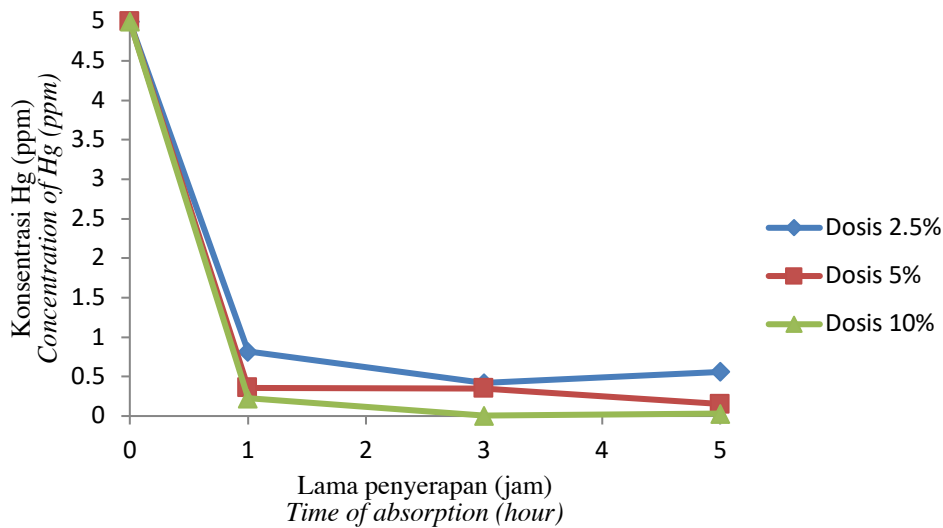
Kapasitas biosorpsi Hg dengan *Omphalina* sp. amobil

Kapasitas biosorpsi *Omphalina* sp. amobil terhadap logam Hg (II) berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi logam tersebut dalam larutan. Makin tinggi penurunan konsentrasi logam dalam larutan makin tinggi pula penyerapan logam dalam biomassa *Omphalina* sp amobil. Seperti pada penurunan konsentrasi logam, kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh pH larutan (Gambar 6 dan 7). Kapasitas adsorpsi *Omphalina* sp. amobil terhadap Hg (II) dengan pH 4,0 lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi Hg (II) dengan pH 5,0 (Gambar 6 dan 7). Soeprijanto *et al* (2005) juga melaporkan bahwa biosorpsi logam Cr (VI) dengan *Saccharomyces cerevisiae* optimum pada larutan pH 4,0. Kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh lama aplikasi biosorben. Adsorpsi pada larutan pH 4,0 mula-mula berlangsung dengan cepat pada jam pertama adsorpsi kemudian relatif konstan, sedangkan pada pH 5,0 adsorpsi masih terus meningkat sampai dengan lima jam aplikasi. Kapasitas biosorpsi pada jam pertama pada larutan Hg (II) pH 4,0 mencapai 0,05-0,19 mg/g biosorben dan tertinggi yaitu sebesar 0,18 mg/g biosorben setelah 5 jam aplikasi, sedangkan pada larutan Hg (II) pH 5,0 biosorpsi tertinggi mencapai 0,05-0,16 mg/g biosorben yang dicapai setelah aplikasi selama 5 jam.

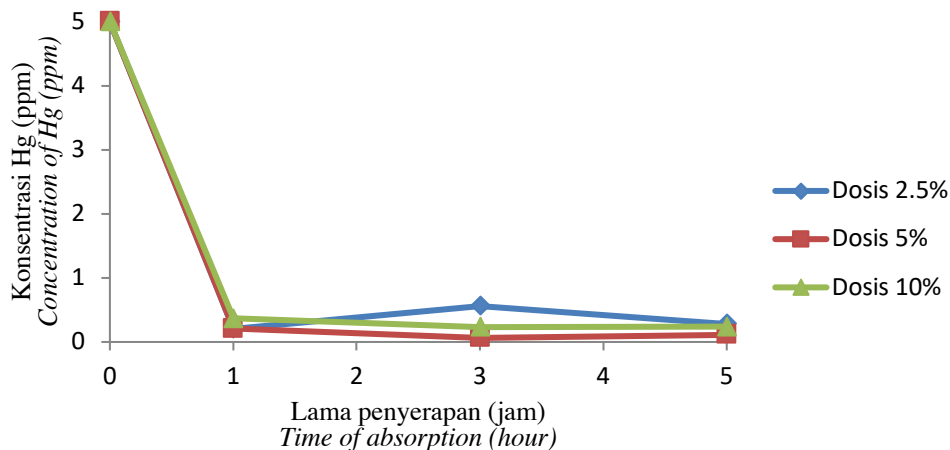


Gambar 3. (a) Pertumbuhan *Omphalina* sp. pada media TKKS sebelum mengadsorpsi logam; (b) miselium *Omphalina* sp. yang telah mengadsorpsi logam berat

Figure 3. (a) The growth of *Omphalina* sp. grown on TKKS before absorbing heavy metal; (b) The mycelium of *Omphalina* sp. have been absorbing heavy metal



Gambar 4. Penurunan konsentrasi Hg (II) pada larutan pH 5,0 oleh *Omphalina sp.* amobil dengan dosis 2,5; 5, dan 10%
 Figure 4. The decline in the concentration of Hg (II) in a solution of pH 5,0 by immobilized *Omphalina sp.* with dose of 2,5; 5; and 10%.



Gambar 5. Penurunan konsentrasi Hg (II) pada larutan pH 4,0 oleh *Omphalina sp.* amobil dengan dosis 2,5; 5, dan 10%
 Figure 5. The decline in the concentration of Hg (II) in a solution of pH 4,0 by immobilized *Omphalina sp.* with dose of 2,5; 5; and 10%.

Kapasitas biosorpsi *Omphalina sp.* yang diperoleh dalam penelitian ini hampir sama dengan kapasitas biosorpsi rumput laut *Thalassia hemprichii* yaitu 2,503 mg/g yang berlangsung pada pH 5,0 (La Nafie & Taba, 2010). Namun, percobaan dengan rumput laut *T. hemprichii* tersebut menggunakan larutan Cu (II) yang konsentrasinya lebih rendah (10 ppm). Hasil penelitian ini lebih rendah dari biosorpsi dengan biomassa *Phanerochaete chrysosporium* tanpa imobilisasi yaitu 3,99 mg/g dalam waktu sekitar 160 menit (Soeprijanto *et al.* tidak dipublikasi). Bahan-bahan imobilisasi kemungkinan memiliki porositas dan sumber gugus fungsi yang berbeda dengan biomassa jamur sehingga mempengaruhi kapasitas sorpsi. Kapasitas absorpsi per satuan berat adsorben (mg logam/g adsorben) lebih tinggi pada aplikasi dosis 2,5%, dibandingkan dengan dosis

5% dan 10%. Hal ini dapat terjadi karena tidak seluruh bagian adsorben pada dosis lebih besar mampu menyerap dengan kapasitas yang sama sehingga penurunan konsentrasi logam tidak sebanding dengan peningkatan bobot adsorben. Namun, total serapan logam makin meningkat dengan meningkatnya dosis biosorben. Untuk meningkatkan kapasitas biosorpsi, biomassa dapat dikontakkan terlebih dahulu dengan larutan basa (NaOH 0,5 N) selama beberapa menit, untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada pada permukaan, seperti lemak, protein, dan polisakarida, sehingga akan membukakan rongga pori-pori kemudian dicuci dengan aquades sampai air bekas cucian mendekati netral.

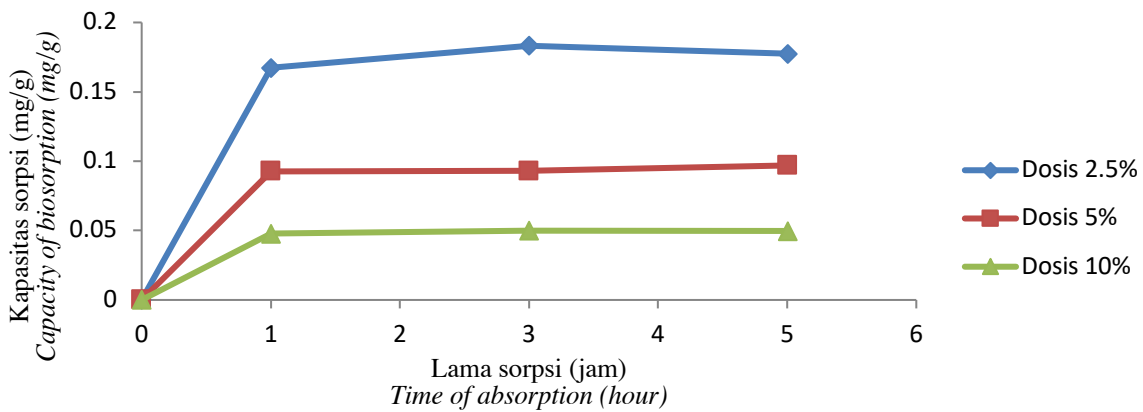
Laju biosorpsi Hg (II) dengan *Omphalina sp.* amobil berlangsung dengan cepat pada jam pertama, kemudian cenderung melambat karena

mencapai titik jenuh (Gambar 6 dan 7). Kapasitas biosorpsi tersebut terkait dengan komposisi biopolimer permukaan dinding sel jamur. Dinding sel jamur antara lain mengandung polisakarida, selulosa, dan kitin dalam proporsi yang besar. Laju biosorpsi pada Hg (II) dipengaruhi oleh pH larutan (Das *et al.*, 2008). Biosorpsi pada larutan Hg (II) pH 4,0 berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan biosorpsi pada pH 5,0. Kapasitas biosorpsi Hg (II) pada pH 4,0 mencapai 0,191 mg/g biosorben dalam waktu 1 jam, sedangkan dalam waktu yang sama biosorpsi pada pH 5,0 mencapai 0.167 mg/g biosorben. Kapasitas biosorpsi dosis 2,5% paling tinggi dibandingkan dengan dosis 5% dan 10%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lapisan permukaan biosorben dan polimer ekstraseluler mengalami kerusakan sehingga menghalangi penyerapan di bagian dalam. Selain itu, penurunan tersebut kemungkinan disebabkan oleh jenuhnya gugus fungsi bermuatan negatif yang telah menyerap ion logam bermuatan positif Hg (II).

Menurut data Bali Fokus 2010 tambang emas skala kecil di Indonesia terdapat di 850 lokasi yang tersebar di 27 Provinsi dan melibatkan 250 ribu pekerja yang umumnya menggunakan Hg untuk

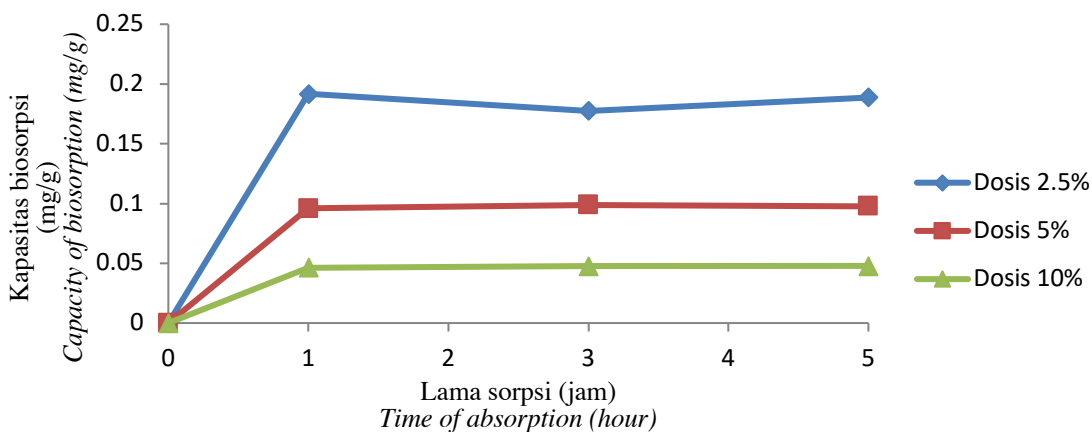
memisahkan emas dari material yang mengikatnya (Harian *Tempo*, 24 Oktober 2014). Limbah *tailing* pertambangan emas di Sulawesi Tengah mengandung Hg dalam konsentrasi sangat tinggi, yaitu 84-575 ppm sehingga sudah melebihi toleransi (Mirdat *et al.*, 2013). Oleh sebab itu untuk aplikasi biosorpsi Hg (II) *tailing* tambang rakyat perlu dilakukan perlakuan pendahuluan seperti pengenceran, biofiltrasi, dan penerapan industri bersih. Biomassa *Omphalina* sp. yang telah diimmobilisasi memiliki kelebihan yaitu logam yang telah diserap dapat diambil kembali (*recovery*), biomassa sel lebih mudah dipisahkan dari larutan limbah, dua atau lebih mikroorganisme dapat digunakan bersama, dan dapat dirancang untuk sistem kontinu atau aliran (Ravi *et al.*, 2013).

Hasil pengujian absorpsi maksimum berdasarkan persamaan Langmuir dihitung dengan memplot $1/\text{konsentrasi logam dalam larutan } (C_i)$ kondisi keseimbangan dan $1/\text{kapasitas serapan } (q)$ sehingga dihasilkan persamaan regresi linier. Untuk biosorpsi Hg diperoleh persamaan regresi $y = 0.407x + 6.175$ dengan $R^2 = 0.964$ koefisien Langmuir $b = 14.392$ dan kapasitas serapan maksimum (q_{max}) = 0.1619 mg/g.



Gambar 6. Kapasitas biosorpsi *Omphalina* sp. amobil terhadap Hg (II) pada larutan pH 5,0

Figure 6. Biosorption capacity of immobilized *Omphalina* sp. against Hg (II) in the solution pH 5.0



Gambar 7. Kapasitas biosorpsi *Omphalina* sp. amobil terhadap Hg pada larutan pH 4,0

Figure 7. Biosorption capacity of *Omphalina* sp. immobilized against Hg (II) in the solution pH 4.0

Kesimpulan

Omphalina sp. potensial untuk biosorpsi logam berat Hg (II). Biomassa *Omphalina* sp. yang diimmobilisasi dengan TKKS mampu menurunkan hingga 84-96% logam berat Hg (II) pada pH 4,0 selama 60 menit. Kapasitas biosorpsi *Omphalina* sp. amobil maksimum (q max) untuk Hg (II) sebesar 0,1619 mg/g sehingga berpotensi untuk bio-konsentrasi logam berat.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana atas bantuan dana dari program Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional (KKP3N), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian RI dengan kontrak Nomor : 90/PL.220/I.1/3/2014 Tanggal : 10 Maret 2014. Peneliti mengucapkan terima kasih atas kepercayaan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdel-Ghani, Nour T & El-Chaghaby, Ghadir A (2014). Biosorption for metal ions removal from aqueous solutions: a review of recent studies. *International Journal of Latest Research in Science and Technology* 3(1), 24-42.
- Das N, R Vimala & P Karthika (2008). Biosorption of heavy metals-An overview. *Indian journal of Biotechnology* 7, 159-169.
- Dimawarnita F, Suharyanto. Tri Panji, Ahmad Z, Nur R (2015). Biosorpsi ion tembaga dalam limbah tailing menggunakan jamur pelapuk putih amobil. *Menara Perkebunan* 83(1), 27-36.
- Horikoshi T, Nakajima A & Sakaguchi T (1981). Studies on the accumulation of heavy metal elements in biological systems: Accumulation of uranium by microorganisms. *Eur J Appl Microbial Biotechnol* 29, 610-617.
- Iswari & H Martono (2009). Pencemaran di wilayah tambang emas rakyat. *Media Litbang Kesehatan XVII* (3), 42-50.
- Kementerian ESDM (Juni, 2012). Daftar nama perusahaan tambang di Indonesia. Diperoleh 19 September, 2015, dari <http://www.esdm.go.id>.
- Kementerian Lingkungan Hidup (2013). Workshop pemanfaatan limbah tailing pertambangan. <http://www.menlh.go.id/workshop-pemanfaatan-limbah-tailing/> Diunduh 20 Januari 2015.
- Knox AS, J Seaman, DC Andriano & G Pierzynski (2000). Chemostabilization of metals in contaminated soils. *Di dalam: Wise DL,*
- Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (eds). *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcel Dekker Inc. p. 811-836.
- Kresnawaty I & Tri-Panji (2007). Biosorpsi logam Zn oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Menara Perkebunan* 75(2), 80-92.
- La Nafie N & P Taba (2010). Biosorption of Cu (II) ion by using seagrass biomass of *Thalassia hemprichii* found Barrang Lompo Island. *Jurnal Ilmu Alam & Lingkungan* 1 (2), 20-28.
- Matsumoto S (2001). Soil degradation and desertification In the world and the challenge for vegetative rehabilitation. *Proceeding Workshop Vegetation Recovery in Degraded Land Areas*. Kalgoorlie, Australia, 27 October-3 November 2001.p. 1-10.
- Mawardi (2007). Kajian biosorpsi ion-ion logam berat oleh biomassa Alga Hijau *Spirogyra subsalsa*. [Disertasi]. Program Studi Ilmu Kimia, Program Pascasarjana, Depok: Universitas Indonesia.
- Mirdat, P Yosep S & Isrun (2013). Status logam berat merkuri (Hg) dalam tanah pada kawasan pengolahan tambang emas di kelurahan poboya, kota Palu. *Jurnal Agrotekbis* 1 (2), 127-134.
- Namoolnoy P, S Phoolphundh, and A Wong (2011). Biodegradation of lignin in oil palm fronds by white rot fungi. *Journal Nat.Sci* 45, 254-259.
- Nogawa K, R Honda, T Kido, I Tsuritani & Y Yamada (2007). Limits to protect people eating cadmium in rice based on epidemiological studies. *Environ Health* 21, 431-439.
- Pohan MP, W Denni, JS Sabtando & Asep (2007). Penyelidikan potensi bahan galian pada tailing PT Freeport Indonesia di Kabupaten Mimika, Propinsi Papua. *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan*. Pusat Sumber Daya Geologi. Papua, 19-21 November 2007. p. 1-9.
- Ravi R, K Sarayu, S Sandhya, and T Swminathan (2013). *Air pollution prevention and control: bioreactors and bioenergy*. Chapter 9: rotating biological contactor *Pub: John Wiley & Sons, Ltd.*p.207-220
- Sharma, Rajesh Kumar, Agrawal M, Marshall F (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66 (2), 258-266.
- Shifa D (2013). Isu-isu pencemaran lingkungan: Studi kasus politik pertambangan Goldfields dan PT Newmont Minahasa Raya [Skripsi].

- Singh N & R Gadi (2012). Bioremediation of Ni (II) and Cu (II) from wastewater by the nonliving biomass of *Brevundomonas vesicularis*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology* 4 (8), 137-142.
- Soeprijanto, A.Elsony & E Sulistyowati (2005). Kinetika reaksi biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (1), 183-190.
- Suharyanto, Irma Kresnawaty, Haryo TP & Deden DE (2012). Aktivitas ligninolitik *Omphalina sp.* hasil isolasi dari TKKS dan aplikasinya untuk dekolerasi limbah kosmetik. *Menara Perkebunan* 80 (2), 48-56.
- Tauber MM, Geoge MG, Astrid R (2005). Degradation of azo dyes by lacasse and ultrasound treatment. *J Environ Microbiol* 71, 100-112.
- Tempo (2014). Fokus Liputan : Geumpang Heboh karena Merkuri. 24 Oktober 2014, p.16-17.